



De Nijmeegse campussen liggen direct tegen elkaar aan en lopen in elkaar over. Dagelijks vinden hier niet alleen verkeers- en vervoersbewegingen plaats van studenten, medewerkers, patiënten en bezoekers, maar ook door leveringen van goederen en diensten aan elk van de drie instellingen.

Duurzame bevoorrading campus Heijendaal – een vooronderzoek

Enide Bogers Hogeschool van Arnhem en Nijmegen,
KenniscDC Logistiek Gelderland

Nienke Hofstra Hogeschool van Arnhem en Nijmegen,
KenniscDC Logistiek Gelderland

Henny Jordaan Hogeschool van Arnhem en Nijmegen,
KenniscDC Logistiek Gelderland

SAMENVATTING

Campus Heijendaal in Nijmegen huisvest het Radboudumc, de Radboud Universiteit en de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. Grote aantallen studenten, patiënten, bezoekers en medewerkers gaan dagelijks naar de campus, evenals de goederen die nodig zijn voor onderzoek, behandeling en onderwijs. Dit leidt tot verkeersopstoppingen en heeft negatieve impact op milieu en leefbaarheid. De drie instellingen op Campus Heijendaal zijn van mening dat de huidige logistieke stromen efficiënter en duurzamer ingericht kunnen worden, hetgeen positief zal bijdragen aan verkeer, milieu en leefbaarheid.

Dit artikel beschrijft de resultaten van een verkennend onderzoek naar mogelijke voordelen bij samenwerking in de bevoorrading van het Radboudumc, de Radboud Universiteit en de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen op campus Heijendaal in Nijmegen. Het onderzoek is uitgevoerd door het KennisDC Logistiek Gelderland in samenspraak met de drie instellingen en de gemeente Nijmegen.

Begonnen is met een literatuurstudie. Daarna zijn een week lang bevoorradende voertuigen op de campus geteld. De resultaten daarvan laten zien dat een groot deel van de transporteurs verantwoordelijk is voor een klein deel van de leveringen. Het omgekeerde is ook waar: een klein deel van de transporteurs is verantwoordelijk voor een groot deel van de leveringen. De zeven grootste transporteurs zijn pakketdiensten. Zij zijn samen goed voor 47% van alle leveringen. Ruim 80% van de voertuigen doet in de telweek slechts één levering. Een levering is daarbij gedefinieerd als één bezorging op een bepaald adres en zou dus uit meerdere bestellingen kunnen bestaan. De analyse van de huidige bundeling van goederenstromen laat zien dat transporteurs met meerdere leveringen in de telweek daarvoor (1) vaak meerdere dagen naar de campus komen en (2) meerdere voertuigen op dezelfde dag naar de campus laten komen (soms zelfs naar dezelfde locatie). Ook de interne logistiek van de drie instellingen is onderzocht. Hieruit blijkt dat het inkoopgedrag van medewerkers van de instellingen (decentraal en 'just in time') aan het grote aantal niet gebundelde leveringen bijdraagt. De oplossingsrichtingen die zijn voorgesteld om de vervoersbewegingen op de campus te reduceren, richten zich daarom niet alleen op een alternatieve inrichting van de logistieke stromen, maar ook op het veranderen van het inkoopbeleid. De betrokken partijen hebben besloten een living lab op te richten waarin deze oplossingen nader uitgewerkt zullen worden.

12

Aanleiding en doel van het onderzoek

De Nijmeegse campussen van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, de Radboud Universiteit en het Radboudumc liggen direct tegen elkaar aan en lopen in elkaar over in het geografische hart van de stad, op campus Heijendaal (zie Figuur 1). Dagelijks vinden op de campus niet alleen verkeers- en vervoersbewegingen plaats van studenten, medewerkers, patiënten en bezoekers, maar zijn er ook vervoersbewegingen door leveringen van goederen en diensten aan elk van de drie instellingen. In de aard van een deel van de goederen- en dienstenstromen is synergie te vinden. Denk hierbij aan leveringen van kantoorartikelen, post, pakketten, catering, ICT, afval, en onderhoudsartikelen voor gebouwen en apparaten.



Figuur 1 Locatie Campus Heijendaal in Nijmegen

Het merendeel van de goederen en diensten kopen de drie instellingen afzonderlijk in bij diverse leveranciers. Daarbij vindt minimale informatie-uitwisseling en afstemming plaats op het gebied van de organisatie en kosten van het transport. Dit heeft tot gevolg dat er dagelijks omvangrijke vervoersstromen zijn door leveringen van diverse leveranciers en transporteurs. Dit komt de efficiëntie en duurzaamheid niet ten goede.

13

De goederenstromen en personenstromen op de campus zitten elkaar bovendien geregeld in de weg. In de ochtendspits zijn logistiek dienstverleners onderweg naar de eerste afleveradressen en tegelijkertijd is het woon-werkverkeer volop op gang gekomen en zijn fietsende kinderen, studenten, personeel en bezoekers op weg naar school, de universiteit en het ziekenhuis. Er is drukte in de openbare ruimte waarin verschillende stromen elkaar kruisen en (mogelijk) botsen. Dit zet de veiligheid op de campus onder druk. Met de groei van het aantal studenten aan de hogeschool en de universiteit en van het aantal patiënten en personeel in het ziekenhuis vormen de hoeveelheid aan verkeers- en vervoersstromen bovendien een steeds urgenter probleem. De drukte alsmede de gerelateerde milieueffecten, zijn een maatschappelijk probleem, en een argument om onderzoek te doen naar alternatieve logistieke oplossingen.

Dit artikel beschrijft de resultaten van een verkennend onderzoek om een indicatie te krijgen van mogelijke voordelen van samenwerking in de bevoorrading van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN), de Radboud Universiteit en het Radboud Universitair Medisch Centrum (Radboudumc) op campus Heijendaal in Nijmegen. Dit onderzoek is uitgevoerd door het KennisDC Logistiek Gelderland in samenspraak met de samenwerkingsgroep RUMC / RU / HAN en de Gemeente Nijmegen.

Het **doel van dit onderzoek** is inzicht verkrijgen in de omvang en uitvoering van de logistieke stromen in en op campus Heijendaal in Nijmegen om een eerste indicatie te krijgen van mogelijke voordelen die te behalen zijn door in overleg met elkaar de logistiek anders te organiseren. Daarvoor is onderzocht (1) hoe de huidige goederenstromen lopen en (2) welke alternatieve logistieke concepten daarbij zouden kunnen aansluiten. Hiertoe is een literatuurstudie uitgevoerd, is de interne logistiek op hoofdlijnen in kaart gebracht en zijn de goederenstromen op de campus gedurende een week geteld. Opzet en resultaten van deze drie onderzoeken staan respectievelijk in de volgende drie paragrafen beschreven.

Literatuurstudie

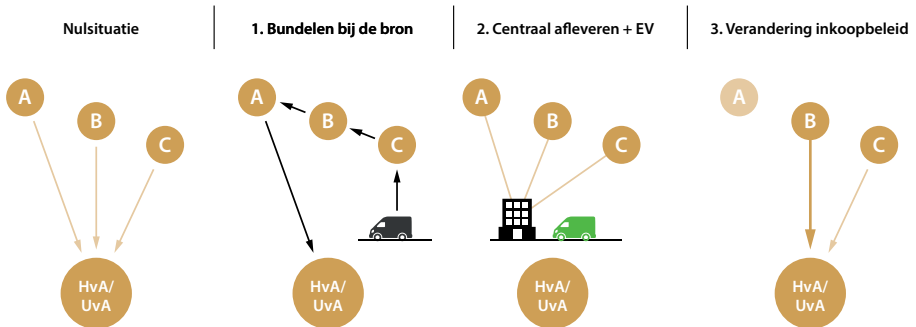
De problematiek rond stedelijke distributie en de behoefte aan slimmere, efficiëntere, veiligere en schonere logistieke oplossingen speelt niet alleen in Nijmegen. Ook andere steden worstelen met dit probleem. In het kader daarvan wordt niet alleen veel onderzoek gedaan naar stedelijke distributie maar zijn er ook verscheidene initiatieven gestart om verbetermogelijkheden te implementeren en de organisatie van de logistiek te verbeteren.

14

Een goed voorbeeld is een initiatief van de Hogeschool van Amsterdam (HvA) en de Universiteit van Amsterdam (UvA) om gezamenlijk de verschillende locaties van de instellingen via een logistieke hub te beleveren. Dit initiatief is opgezet naar aanleiding van de aanbevelingen uit een eerder onderzoek naar de vervoersstromen van leveringen van goederen en diensten aan de HvA en de UvA (Ploos van Amstel et al. 2014). De HvA en de UvA hebben beide meerdere campussen verspreid over de drukke binnenstad van Amsterdam. De medewerkers op die campussen kopen goederen in bij een totaal van zo'n 8.000 leveranciers. Het beleveren van alle campussen gebeurt vervolgens in naar schatting zo'n 30.000 ritten met een afstand van 1 miljoen kilometer. De gevolgen daarvan zijn onder andere extra verkeersdruk, filevorming en overlast maar ook milieuvuiling in de toch al drukke binnenstad van Amsterdam.

In het onderzoek van Ploos van Amstel et al. (2014) worden drie, volgens de onderzoekers kansrijke, oplossingsrichtingen voorgesteld om de problematiek rond de belevering van de campussen van de HvA en UvA te verbeteren, zie figuur 2. Als eerste optie (**'bundelen bij de bron'**) wordt genoemd om één vervoerder een combinatie van leveringen te laten maken alvorens de stad in te gaan voor aflevering. De consolidatie van leveringen reduceert het aantal vervoersbewegingen van en naar de stad, maar vereist transparantie en afstemming in het inkoopproces, leveringen en vervoerders. Als tweede optie (**'Centraal afleveren en gebundelde zero emissie last mile'**) wordt genoemd het centraal afleveren van goederen aan de rand van de stad, die vervolgens gebundeld met schoner vervoer in de stad worden afgeleverd. Dit ontzorgt leveranciers/vervoerders (zij hoeven de stad niet in) en maakt efficiënter en schoner last-mile-transport mogelijk. Echter, de extra handelingen

voor overslag, gebruik van een hub en extra voertuigen brengt extra kosten met zich mee waardoor nagedacht moet worden over de kosten- en batenverdeling. Als derde optie wordt genoemd het **veranderen van het inkoopgedrag**, bestellingen generen immers leveringen. Door als inkoper bijvoorbeeld bestellingen te bundelen, tijdig te bestellen en minder afhankelijk te zijn van levertijden worden leveranciers en vervoerders in staat gesteld hun transporten efficiënter te organiseren.



Figuur 2 Voorgestelde oplossingen voor HvA / UvA (bron: Ploos van Amstel et al., 2014)

De tweede voorgestelde oplossingsrichting heeft navolging gekregen. In juni 2017 is, na een pilot, een logistieke hub aan de rand van de stad, net buiten de milieuzone, in gebruik genomen. De hub bevindt zich in de bestaande opslag van een logistieke partner en dient als overslag- en consolidatiepunt vanaf waar de last-mile-distributie wordt uitgevoerd met elektrische voertuigen door een logistieke partner. De eerste resultaten van het initiatief zijn veelbelovend. Na acht maanden zijn acht leveranciers betrokken bij het project en worden niet alleen de HvA en de UvA maar ook de gemeente Amsterdam beleverd via de hub (De Weerd, 2018).

In het Amsterdamse project zijn een aantal belangrijke succesfactoren te noemen (De Weerd, 2018). Het Amsterdamse initiatief heeft draagvlak onder grote leveranciers wat het mogelijk maakt om de logistiek voor een substantieel deel van de goederenstromen te verbeteren en het initiatief rendabel te maken. Ook wordt gebruik gemaakt van bestaande kennis en middelen van logistieke partners met een bestaande inkomstenstroom, wat heeft geholpen om de opstartfase door te komen. Door het maken/herzien van afspraken met leveranciers hebben de Amsterdamse instellingen leverfrequenties kunnen terugbrengen, waardoor transportkosten zijn gereduceerd. Daarnaast hebben de instellingen middels afspraken het beleveren via de hub kunnen vastleggen. Omdat andere instellingen kunnen

aansluiten bij het initiatief, kan de efficiëntie die wordt behaald door het gebruiken van de hub verder vergroot worden.

Een ander in dit kader relevant voorbeeld is een Zutphens initiatief om de 'last mile' distributie in de binnenstad te verbeteren door vanaf de rand van de stad goederen gebundeld te leveren, gebruikmakend van elektrische voertuigen en uitgevoerd door werknemers van de sociale werkvoorziening. Dit 'model Zutphen' is mede op basis van verschillende onderzoeken van het Kennis DC Logistiek Gelderland van de HAN, gefinancierd door de Provincie Gelderland, vormgegeven. Een onderzoek onder stakeholders liet zien dat – voorafgaand aan het project – overheden, burgers en consumenten enthousiast zijn over stadslogistiek (Bogers et al. 2015). Echter, met name transporteurs, dienstverleners, verladers en retailers waren terughoudend om een derde partij stadslogistiek uit te laten voeren omwille van de verwachte extra kosten. Een vervolgonderzoek naar de financiële haalbaarheid van dit initiatief (Bogers et al. 2016) liet echter zien dat vanuit een integraal perspectief (dus over alle partijen heen gezien) de Zutphense stadslogistiek financieel haalbaar kan zijn. Tevens werd aangetoond dat het initiatief kan leiden tot CO2 besparingen en sociale werkvoorzieningsplaatsen kan genereren. Begonnen is met één elektrische bestelwagen. Door de toegenomen omzet is inmiddels nog een bestelwagen aangeschaft en extra personeel aangetrokken.

16

Een volgend relevant voorbeeld is het Consolidation Centre for Public Sector Deliveries in Londen (Churchill, ND). Om de congestie en luchtvervuiling in Londen te verminderen is een logistieke hub gecreëerd aan de rand van de stad, geëxploiteerd door DHL, vanaf waar leveringen van verschillende leveranciers gebundeld worden bezorgd bij zo'n 300 gemeentelijke gebouwen in de stad. Het initiatief bleek succesvol. Bij de start in januari 2014 waren vier leveranciers van schoonmaakmiddelen en kantoorartikelen betrokken. Later is het aantal leveranciers dat levert via de hub uitgebreid naar 40. Daarbij is het aantal leveringen in de stad met zo'n 46% teruggedrongen, en zijn de CO2- en NOx-uitstoot met respectievelijk 40% en 50% gereduceerd.

Ook initiatieven uit de bouwlogistiek zijn in dit kader interessant. Een voorbeeld is een Londens initiatief om vier grote bouwplaatsen in de stad te laten beleveren via een consolidatiecentrum zo'n 5 kilometer buiten de stad om de binnenstad te ontlasten van het bouwverkeer en de leefbaarheid te verbeteren (Transport for London, 2008). Het gebruik van de hub maakte dikkere stromen in grotere voertuigen mogelijk, waardoor het aantal vervoersbewegingen in de stad sterk werd teruggedrongen. Door voertuigen op de terugweg afval mee te laten nemen werd hun benuttingsgraad vergroot. Voor de materialen die via de hub werden geleverd, werd het aantal vervoersbewegingen in de stad met ruim 60% is gereduceerd. De directe leveringen aan de locaties meegerekend, kwam dat neer op zo'n 40%. Door het reduceren van de vervoersbewegingen heeft het gebruik

van de hub naar schatting een reductie van 70 tot 80% aan CO₂-emissies opgeleverd (in vergelijking tot wanneer alle leveringen direct aan de bouwplaatsen waren gedaan)¹. Het gebruik van de hub heeft ook geleid tot tijdsbesparingen. Uit interviews met chauffeurs bleek dat zij naar schatting twee uur konden besparen door het beleveren van de hub in plaats van de bouwplaats. Na afloop van de pilot is de uitvoerder van de hub de activiteiten op commerciële basis gaan voortzetten (Lundesjo, 2011).

De beschreven initiatieven geven aan dat er veel besparingen gerealiseerd kunnen worden door de logistieke stromen te verbeteren. De Nijmeegse situatie vertoont zowel overeenkomsten als verschillen met de hierboven beschreven situaties waarvoor verbeterinitiatieven zijn uitgevoerd. Zo is er in Nijmegen, net als in de Amsterdamse situatie, sprake van minimale informatieuitwisseling en coördinatie op het gebied van inkoop over de instellingen heen, is er sprake van beperkte interne coördinatie en is er een scala aan leveranciers die de campus bevoorraden. Anderzijds is er in Amsterdam, Zutphen, en bij de Londense initiatieven, sprake van meer geografische spreiding van de te beleveren locaties. Campus Heijendaal heeft juist te maken met een geografische concentratie van de te beleveren instellingen. Dit uitgangspunt biedt in principe méér bundelingsmogelijkheden. Voordat een inschatting gemaakt kan worden van de grootte van de effecten van alternatieve logistieke concepten die de logistieke stromen op campus Heijendaal kunnen verbeteren, is het eerst noodzakelijk om de interne logistiek te begrijpen en een inventarisatie te maken van de huidige stromen op campus Heijendaal.

17

Interne logistiek

In deze sectie wordt besproken hoe de instellingen goederenstromen genereren en verwerken. Tevens komt het inkoop- en voorraadbeleid aan bod en worden huidige inkoop samenwerkingen besproken.

Goederenontvangst en verwerking

De drie instellingen ontvangen hun goederen op meerdere locaties. Voor het Radboudumc is de belangrijkste locatie van goederenontvangst het centrale magazijn. Reguliere leveringen kunnen daar worden afgeleverd tussen 06:00 – 12:00 uur van maandag tot vrijdag. Leveringen die niet bedoeld zijn voor aanvulling van de voorraad die in het magazijn wordt opgeslagen, worden door een interne bezorgservice middels elektrisch vervoer en een ondergronds gangenstelsel naar de locatie van bestemming gebracht.

¹ Dit geldt alleen voor de last-mile-distributie vanaf de hub naar de bouwplaats.

Drie belangrijke locaties voor goederenontvangst bij De Radboud Universiteit zijn de Centrale Ontvangst Goederen (COG), het Logistiek Centrum (LC) en het Forum. Bij de COG worden de pakketten en poststukken voor de universiteit bezorgd. De poststukken worden in de ochtend bezorgd en gedurende de dag worden pakketten aangeleverd². Het LC ontvangt goederen bestemd voor de faculteiten Natuurkunde, Wiskunde en Informatica alsmede facilitaire goederen. Op het forum worden de IT-goederen voor de gehele universiteit ontvangen. Hier is ook een klein magazijn waar grijpvoorraad ligt. De universiteit heeft een interne post- en pakketdienst die gedurende de dag vanaf het COG post en pakketten aflevert aan (en ophaalt bij) de balies van de universiteitsgebouwen. Vanaf daar worden ze naar de ontvanger gebracht. Medewerkers van het LC en het forum zorgen dat de goederen bij de ontvanger terecht komen.

Op de Radboud Universiteit en op de HAN is sprake van een gedecentraliseerde goederenontvangst. Op de verschillende locaties van de HAN kunnen goederen de gehele dag (tussen 08:00 en 17:00 uur) afgeleverd worden. De campusstore (Kapittelweg 33), receptie en/of conciërge in het gebouw ontvangt de goederen. Zij nemen vervolgens contact op met de ontvanger om te melden dat de goederen zijn afgeleverd en/of ze bezorgen het aan de ontvanger. Over het afhalen en bezorgen van de goederen zijn geen afspraken gemaakt en dat gebeurt dan ook willekeurig.

18

Inkoopbeleid

Elk van de drie instellingen maakt gebruik van een bestelsysteem waarin medewerkers decentraal bestellingen kunnen plaatsen. De bestelsystemen bevatten catalogi waarin producten van geselecteerde leveranciers zijn opgenomen. Daarnaast kunnen medewerkers ook producten bestellen die niet in de catalogi zijn opgenomen. Op het UMC vangt Oracle alle bestellingen af en stuurt ze na goedkeuring door de betrokken budgethouder eenmaal per dag naar de leverancier; op de HAN vinden er losse bestellingen plaats. Daarnaast is het mogelijk dat medewerkers buiten de bestelsystemen om bestellingen plaatsen voor aflevering op de campus.

Uit studentenonderzoek bleek dat er gebruik wordt gemaakt van een paar duizend leveranciers. Omdat met leveranciers niet altijd formele afspraken zijn gemaakt over de logistieke dienstverlening om de levering uit te voeren en er geen gezamenlijke afspraken zijn gemaakt met leveranciers, beleveren diverse dienstverleners/transporteurs de campus.

² Regelgeving scheidt de levering van poststukken en pakketten. Het tijdstip van leveren wordt met de ontvangende partij overeengekomen.

Voorraadbeleid

De instellingen trachten op hun afdelingen – met uitzondering van kleine gebruiksvoorraden van bijvoorbeeld kantoorartikelen of sanitaire producten – minimale voorraden aan te houden. De universiteit slaat daarnaast chemische goederen op in het Logistiek Centrum en houdt een kleine grijpvoorraad aan op het Forum. De HAN houdt buiten de gebruiksvoorraden geen voorraad aan. Bestellingen van medewerkers worden dan ook voornamelijk ad hoc geplaatst op basis van behoefte en met een variabele ordergrootte.

Het Radboudumc houdt centrale voorraden aan die worden beheerd door Supply Chain, Apotheek en ICT. Daarnaast zijn decentrale medische afdelingsvoorraden vastgelegd in Oracle die worden beheerd door Supply Chain. Tevens zijn er actieve afdelingsvoorraadkosten voor standaard voorraad, steriele voorraad, medicijnen, medische gassen en linnen. Ook deze voorraden worden bijgehouden en beheerd door Supply chain of de Apotheek. Dagelijks zijn er bestelruns waar op een vast moment de orders van verschillende stromen worden geplaatst. Bestellingen ten behoeve van voorraden en bestellingen van afdelingen worden als afzonderlijke bestellingen verwerkt en verzonden naar leveranciers. Hoewel deze vaak met dezelfde levering worden gebracht, kan de kans op afzonderlijke leveringen aan het ziekenhuis hierdoor toenemen, zeker wanneer de bestellingen afzonderlijk worden verwerkt door de leverancier (en transporteur indien ingezet door de leverancier).

Instellingen hebben enkele initiatieven genomen om het aantal leveringen terug te dringen. De Radboud Universiteit heeft afspraken gemaakt met een aantal leveranciers om het aantal afleverdagen terug te brengen van 5 naar 2. Tevens heeft het Radboudumc afspraken gemaakt met inkopers omtrent het plaatsen van bestellingen bij kleinere leveranciers opdat bestellingen bij zo'n leverancier gecombineerd worden geleverd.

Inkoopsamenwerking

Hoewel de hogeschool en universiteit op het gebied van inkoop meer gelijkenissen vertonen met elkaar dan met het ziekenhuis, en budget bij inkoop een grotere rol speelt voor het ziekenhuis dan voor de andere twee instellingen, zijn er ook overeenkomsten in de inkoop van de drie instellingen. Zo ontvangen alle drie de instellingen kantoorartikelen, (post)pakketten en ICT-artikelen, produceren ze afval dat verwerkt moet worden en hebben ze te maken met onderhoud van gebouwen en het terrein.

Op het gebied van inkoop is er in de huidige situatie een beperkte mate van samenwerking tussen het Radboudumc en de Radboud Universiteit. Die samenwerking vindt plaats op het gebied van terreinonderhoud, afvalverwerking en energielevering.

Op dit moment vindt er ook inkoop samenwerking plaats tussen het Radboudumc en andere universitair medische centra (denk hierbij aan het gezamenlijke inkopen van facilitaire, medische, laboratorium en ICT-producten, medicijnen en helikopterdiensten) en tussen de Radboud Universiteit en andere universiteiten. Deze samenwerkingen zijn gebaseerd op dezelfde soort inkoopvragen door gelijkende organisaties. De ervaring is dat de vergelijkbare doelstellingen samenwerking eenvoudiger maken.

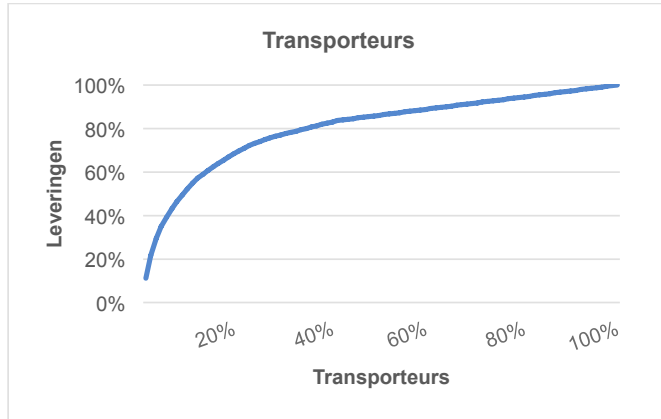
Tellingen goederenstromen

In deze sectie wordt een indicatie gegeven van de omvang en karakteristieken van de goederenstromen op Campus Heijendaal. Er wordt ingegaan op de transporteurs en voertuigen die op de campus komen leveren, het tijdstip van levering, de afleverlocaties en de verpakkingseenheden die worden geleverd. Aan de hand daarvan wordt de huidige situatie omtrent bundeling van goederenstromen in kaart gebracht.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van een dataset die is gecreëerd aan de hand van observaties en tellingen van leveringen op de campus gedurende één week bij de belangrijkste ontvangstlocaties. Daarin zijn gegevens verzameld van 365 leveringen. **Een levering is daarbij gedefinieerd als één bezorging op een bepaald adres en zou dus uit meerdere bestellingen kunnen bestaan.** Omdat niet alle locaties zijn meegenomen in de tellingen en er niet 24/7 geobserveerd is, bieden de observaties een conservatieve inschatting van het aantal leveringen op de campus. Vanwege ontbrekende gegevens bij een aantal geobserveerde leveringen is de dataset teruggebracht naar 331 leveringen voor analyse. Tenslotte, omdat alleen voertuigen zijn geteld die een levering verrichten, zijn de busjes van onderhouds- en servicediensten niet in de tellingen opgenomen.

Transporteursanalyse

De 331 leveringen zijn uitgevoerd door 92 transporteurs. Er valt op te merken dat een klein deel van de transporteurs verantwoordelijk is voor een groot deel van de leveringen (zie onderstaande lijngrafiek in Figuur 4). Ruim de helft van de leveringen (zo'n 55% van de leveringen) wordt gedaan door 10 transporteurs (dat is 11% van het totale aantal transporteurs).

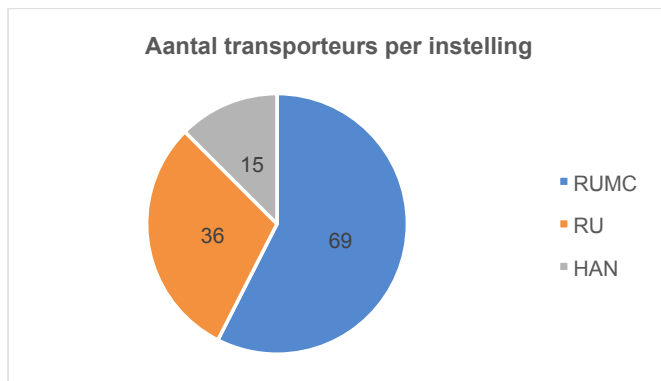


Figuur 4 Verhouding transporteurs-leveringen

De meeste transporteurs (54 transporteurs, dat is 59% van alle transporteurs) komen één levering doen in de geobserveerde periode. 13 transporteurs (14%) doen twee leveringen. De zeven transporteurs met de meeste leveringen zijn pakketdiensten. Zij verzorgen samen 47% van de leveringen die worden gedaan in de geobserveerde periode.

Van de 92 geobserveerde transporteurs leveren er 69 aan het ziekenhuis (75% van alle transporteurs die de campus beleveren), 36 aan de universiteit (39% van alle transporteurs) en 15 aan de HAN (16% van alle transporteurs). Zie Figuur 5.

21



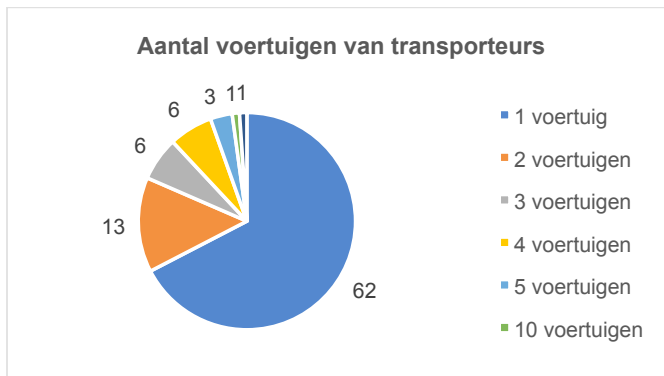
Figuur 5 Aantal transporteurs per instelling

Er zijn zeven van de 92 transporteurs die in de geobserveerde periode hebben geleverd aan alle drie de instellingen. Met andere woorden, de instellingen hebben 7,5% van de transporteurs gemeenschappelijk. Het ziekenhuis en de universiteit hebben de meeste

gemeenschappelijke transporteurs (19). De hogeschool en de universiteit hebben negen gemeenschappelijke transporteurs en de hogeschool en het ziekenhuis zeven.

Voertuiganalyse

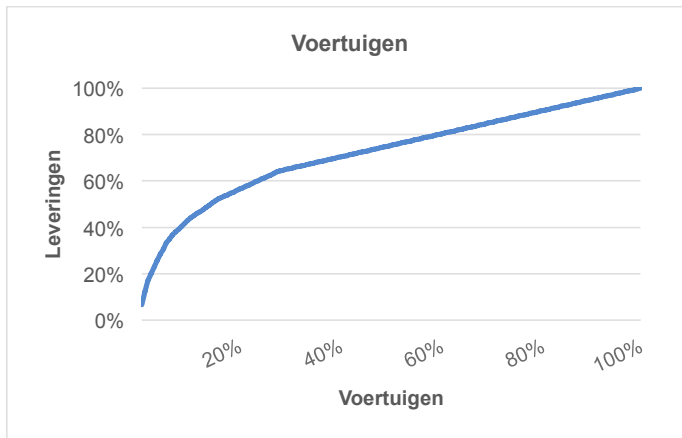
De meeste transporteurs (62) gebruiken één voertuig om de campus te beleveren. Een derde van de transporteurs (30) zet daar meerdere voertuigen voor in³. Onder de laatste categorie behoren onder andere de pakketdiensten. Het cirkeldiagram in Figuur 6 toont de verdeling van het aantal voertuigen dat de transporteurs hebben ingezet in de geobserveerde periode.



Figuur 6 Aantal voertuigen dat transporteurs hebben

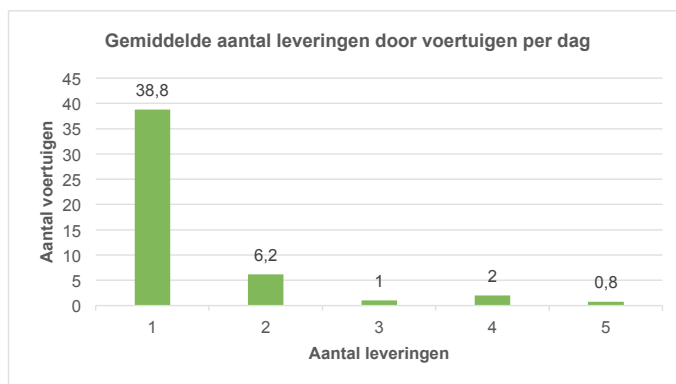
In totaal werden 164 voertuigen ingezet om de campus te beleveren. 6% van de voertuigen (10 voertuigen) verzorgt 35% van de leveringen (116 leveringen). De helft van de voertuigen (82 voertuigen) is verantwoordelijk voor 75% van de leveringen (249 leveringen). Dit is te zien in de lijngrafiek in Figuur 7.

3 Hieronder vallen transporteurs die op eenzelfde dag meerdere voertuigen de campus hebben laten beleveren, maar ook transporteurs die meerdere dagen in de geobserveerde periode de campus hebben beleverd en daarvoor verschillende voertuigen hebben ingezet.



Figuur 7 Verhouding voertuigen-leveringen

Verreweg het merendeel van de voertuigen, zo'n 80%, doet de campus aan voor één levering. De overige 20% doet twee leveringen of meer. Dit is te zien in de kolomdiagram in Figuur 8.

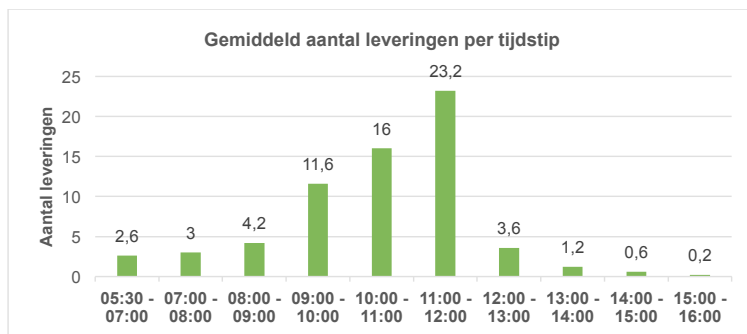


Figuur 8 Gemiddeld aantal leveringen door voertuigen

Tijdstip van leveren

De meeste leveringen (zo'n 92%) vinden voor het middaguur plaats (dat zijn 303 leveringen). Daarbij ligt het drukste moment tussen 11:00 en 12:00 uur, er vinden dan zo'n 23 leveringen plaats (35% van alle leveringen). Bijna een kwart van de leveringen (zo'n 24%,

79 leveringen) vindt plaats tussen 08:00 en 10:00 uur in de ochtend. De kolomdiagram in Figuur 9 specificeert het aantal leveringen per tijdstip, gemiddeld over de geobserveerde periode.



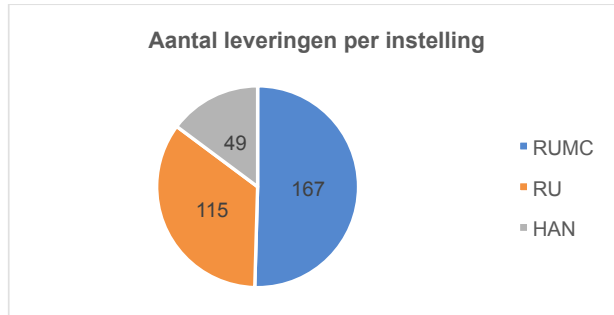
Figuur 9 Gemiddeld aantal leveringen per tijdstip

24

Dat de piek in de ochtend valt heeft deels te maken met het feit dat het centrale magazijn van het Radboudumc (waar het merendeel van de goederen voor het ziekenhuis binnenkomt) reguliere leveringen ontvangt tussen 06:00 en 12:00 uur. Een mogelijke verklaring voor de observatie dat de piek aan het einde van de ochtend ligt is de hantering van venstertijden in de binnenstad van Nijmegen. Een studentenonderzoek naar de belevering van de binnenstad van Nijmegen laat zien dat de piek in het aantal leveringen daar ligt tussen 09:00 en 10:00 uur (Van De Munt et al. 2017). Uit ervaring blijkt dat sommige voertuigen in hun 'milk run' via de binnenstad naar de campus Heijendaal komen om te leveren.

Locatie van levering

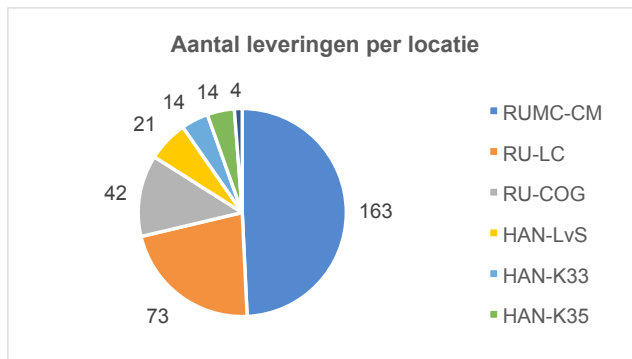
Verreweg de meeste leveringen (50% van alle leveringen) zijn bestemd voor het ziekenhuis. De universiteit is de op een na grootste instelling in termen van leveringen (35%). De HAN is de kleinste instelling in termen van aantal leveringen (15%). De verhouding van het aantal leveringen per instelling is weergegeven in de cirkeldiagram in Figuur 10.



Figuur 10 Aantal leveringen per instelling

De goederenontvangst van het Radboudumc gecentraliseerd is en de goederenontvangsten van de Radboud Universiteit en de HAN gedecentraliseerd is. De observatiedata illustreren dit. Verreweg de meeste leveringen die bestemd zijn voor het ziekenhuis worden aangeleverd in het centrale magazijn, namelijk 98%. Dit is tevens bijna de helft van alle campusleveringen (49%). De leveringen voor de universiteit en de hogeschool zijn meer verspreid over verschillende afleverlocaties. Van alle leveringen aan de universiteit wordt 63% bezorgd bij het logistiek centrum (22% van alle campusleveringen) en 37% bij de centrale goederenontvangst. Van de leveringen aan de HAN wordt 43% bezorgd bij de Laan van Scheut en 28,5% bij zowel Kapittelweg 33 als 35. Het cirkeldiagram in Figuur 11 toont het aantal geobserveerde leveringen per locatie.

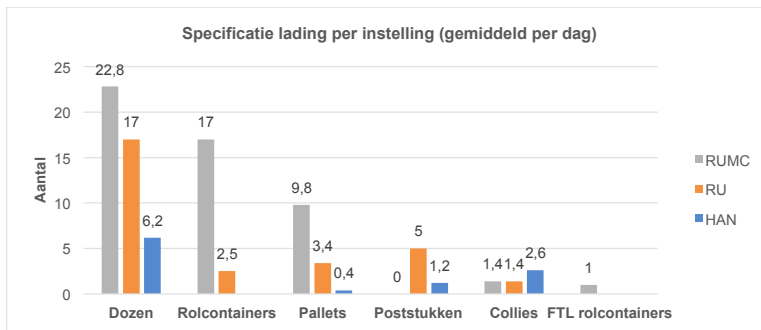
25



Figuur 11 Aantal leveringen per locatie

Ladinganalyse

De lading van de 331 leveringen bestaat uit losse dozen, maar ook rolcontainers, pallets, poststukken collies en full truckload containers. Gemiddeld genomen worden er per dag zo'n 46 dozen, 18 rolcontainers, 14 pallets, zes poststukken, zes collies en een full-truckload rolcontainer afgeleverd op de campus. De grotere eenheden worden met name geleverd aan het ziekenhuis. Het ziekenhuis ontvangt ook de meeste pallets, gemiddeld zo'n 10 per dag. De meeste poststukken worden ontvangen door de universiteit, gemiddeld zo'n vijf per dag. De kolomdiagram in Figuur 12 specificeert de lading die in de geobserveerde periode aan de instellingen werd geleverd.



Figuur 12 Gemiddelde hoeveelheden aan lading geleverd op de campus

Analyse huidige bundeling goederenstromen

De resultaten van de transporteursanalyse geven aan dat 59% van de transporteurs slechts één levering op de campus komt doen in de geobserveerde week. Slechts een klein deel van de transporteurs (en voertuigen) is verantwoordelijk voor een groot deel van de leveringen. De leveringen die zijn geteld, zijn bezorgingen van goederen op een specifiek adres. In eenzelfde levering kunnen dus meerdere bestellingen worden bezorgd. Op basis van het aantal leveringen zelf kan daarom geen uitspraken over bundeling worden gedaan. Wel is het mogelijk om na te gaan of leveranciers meerdere dagen per week leveringen (welke geen full-truckload zijn) komen doen en of zij meerdere voertuigen op eenzelfde dag leveringen laten doen. Vanuit het perspectief van de campus, en in termen van aantal vervoersbewegingen, is dit inefficiënt⁴ en kan het een indicatie geven van mogelijke verbeterpunten op het gebied van consolidatie in tijd en voertuigen, respectievelijk.

Bundeling in tijd

4 Voor een transporteur is dit niet noodzakelijk inefficiënt, bijvoorbeeld wanneer hij 'milk-runs' doet.

De onderstaande tabel (Tabel 1) categoriseert voertuigen op basis van het totale aantal leveringen dat ermee wordt gedaan in de geobserveerde periode. Per categorie is aangegeven hoeveel unieke voertuigen (bepaald aan de hand van het kenteken) hoeveel dagen op de campus komen. Te zien is dat 118 voertuigen één levering hebben gedaan en – logischerwijs – één dag op de campus zijn geweest. Als het aantal leveringen van een voertuig groter wordt, valt op dat dit vaak gepaard gaat met meerdere dagen aanwezigheid op de campus. Vier van de vijf voertuigen die vier leveringen doen, komen daarvoor vier afzonderlijke dagen op de campus, waarbij ze elke dag dus één levering doen. De vraag is in hoeverre het noodzakelijk is dat het voertuig zo vaak op de campus verschijnt voor telkens één levering. Vanwege de relatie tussen het aantal leveringen en de voorraadpositie van een product moeten voorraadniveaus daarbij wel in acht genomen worden.

Tabel 1 Categorisering voertuigen naar aantal leveringen, tussen haakjes aantal voertuigen excl. pakketdiensten

Dagen voertuig op campus	Totaal aantal leveringen per voertuig											
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	15	19	22
1	118 (101)	7 (4)										
2		13 (9)	6 (1)									
3			3	1	1				1			
4				4* (3*)		1	1	1				
5					1* (1*)		1 (1)	1 (1)	1 (1)	1	1	1

* 1 voertuig full truckload leveringen

Het kan zo zijn dat een voertuig meerdere dagen moet komen omdat het te leveren volume aan de locatie het niet toestaat om eenmalig te leveren. Een analyse van de lading die voertuigen en vervoerders leveren suggereert dat volume niet in alle gevallen een beperkende factor is⁵. Onder de transporteurs die meerdere dagen binnen één week komen leveren vallen onder andere, maar niet alleen, pakketdiensten. De observaties in de tabel zouden een indicatie kunnen zijn dat er nog winst te behalen valt met bundeling van leveringen in tijd, waarbij leveringen niet direct worden gedaan maar er gewacht wordt tot een later moment waarop combinering met andere leveringen mogelijk is.

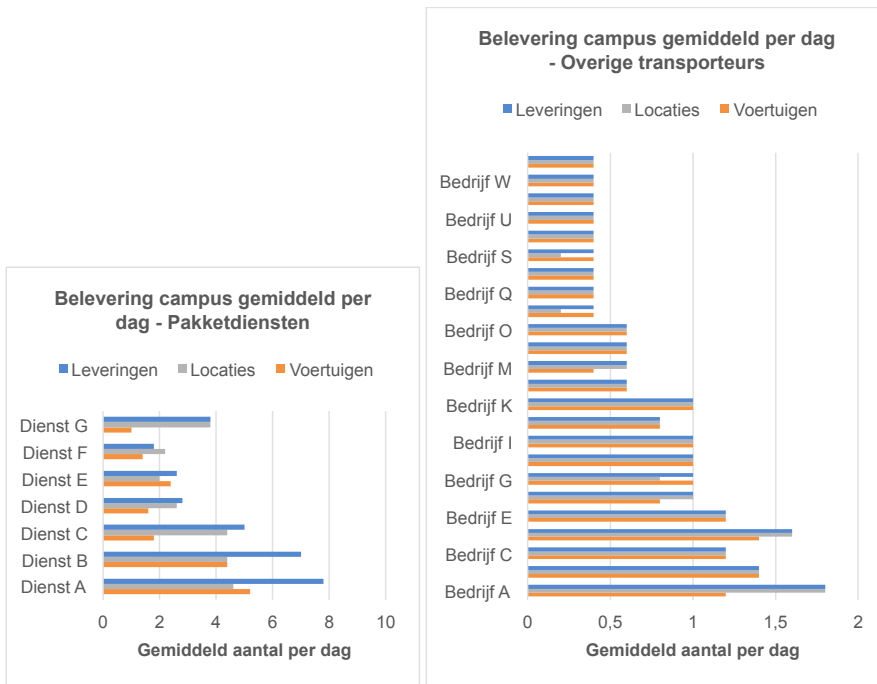
5 Food for Care is hierop bijvoorbeeld een uitzondering. Deze leverancier komt meerdere dagen, maar levert dan wel full truckloads.

Bundeling in voertuigen

Van de 38 transporteurs die in de observatieperiode meerdere leveringen komen doen, laat meer dan de helft (20 transporteurs) meerdere voertuigen op dezelfde dag goederen op de campus afleveren. Sommige van deze voertuigen doen meerdere leveringen (gemiddeld per dag 20% van de voertuigen, zie de eerdere kentekenanalyse). Het is echter opvallend dat er ook transporteurs zijn die op eenzelfde dag meerdere leveringen aan éénzelfde locatie op de campus doen.

Van de transporteurs waarvan meerdere voertuigen zijn geregistreerd in de geobserveerde periode en die op ten minste één dag meerdere leveringen hebben gedaan, is geanalyseerd hoeveel voertuigen gemiddeld op de campus komen leveren, hoeveel leveringen de transporteur gemiddeld doet op een dag en op hoeveel locaties er gemiddeld wordt geleverd. De resultaten voor de pakketdiensten en overige transporteurs zijn te zien in onderstaande staafdiagrammen.

28



Figuur 13 Gemiddeld aantal leveringen dat wordt gedaan, locaties die worden aangedaan, en voertuigen die daarvoor worden ingezet door pakketdiensten en overige transporteurs die meerdere leveringen hebben gedaan en daarvoor meerdere voertuigen hebben ingezet in de geobserveerde periode

Het staafdiagram van de pakketdiensten laat zien dat hun voertuigen gemiddeld genomen meerdere leveringen doen op de campus (leveringen > voertuigen). Ook is te zien dat er pakketdiensten zijn waarvan gemiddeld genomen meerdere voertuigen dezelfde locatie komen beleveren (voertuigen > locaties). Een analyse van de uitgesplitste data laat zien dat dit ook op dagelijkse basis gebeurt⁶. Een voorbeeld uit die uitgesplitste data is Dienst B die op 25 april in totaal acht leveringen doet met zes voertuigen bij vier locaties. Daarbij doen vijf voertuigen één levering en één voertuig drie leveringen en komen er op twee locaties twee voertuigen leveren, op één locatie drie voertuigen en op één locatie één voertuig. Het staafdiagram van de overige transporteurs laat zien dat meer dan de helft van de transporteurs (negen van de 13 transporteurs) gemiddeld genomen voor elke levering een uniek voertuig inzet (leveringen = voertuigen). Bijna de helft van de transporteurs (zes van de 13 transporteurs) laat gemiddeld genomen elke te beleveren locatie bezoeken door een uniek voertuig (locaties = voertuigen). Tevens zijn er drie transporteurs waarvan, gemiddeld genomen, meerdere voertuigen eenzelfde locatie beleveren (leveringen > locaties, voertuigen > locaties).

Deze resultaten complementeren de eerste bevindingen over bundeling in tijd en kunnen een indicatie zijn voor het ad hoc plannen van transport voor zendingen waarbij de bestemming van de zending onvoldoende in acht genomen lijkt te worden, resulterend in meerdere voertuigen van eenzelfde transporteur die op dezelfde dag op de campus komen en soms zelfs dezelfde locatie komen beleveren.

29

Kansen voor verbetering

Een aantal mogelijkheden kan geïdentificeerd worden om de logistieke stromen op de campus te verbeteren. In de vorige paragraaf is een aantal belangrijke karakteristieken van de goederenstromen op Campus Heijendaal en de huidige situatie omtrent bundeling van goederenstromen geïdentificeerd.

1. Een beperkt aantal transporteurs is verantwoordelijk voor een groot aantal leveringen. Met andere woorden, er zijn veel transporteurs/voertuigen die weinig leveringen doen⁷.
2. Het merendeel van de transporteurs die in de observatieweek meerdere leveringen komen doen, komen daarvoor ook meerdere dagen op de campus (34 van de 38 transporteurs, 90%).
3. Van de transporteurs die in de observatieperiode meerdere leveringen komen doen, laat meer dan de helft meerdere voertuigen op dezelfde dag leveringen doen. Bovendien zijn er ook transporteurs die zelf meerdere voertuigen op dezelfde dag op dezelfde locatie op de campus laten leveren.

⁶ De lading in acht nemend (b.v. het aantal poststukken, dozen of pallets) lijkt het volume van de lading die op de campus wordt afgeleverd hierbij niet de beperkende factor.

⁷ Er dient opgemerkt te worden dat het niet voor alle leveringen mogelijk is om te bundelen. Denk aan transporten van full truckloads, geconditioneerde transporten of transporten waarbij contaminatie een belangrijk issue is.

Deze resultaten geven aan dat de huidige inrichting van de logistieke stromen op Campus Heijendaal vanuit het oogpunt van de campus gezien inefficiënt is en er ruimte is voor verbetering. De observaties suggereren dat er mogelijkheden zijn om het aantal vervoersbewegingen op de campus te reduceren door leveringen (verder) te bundelen in voertuigen (punt 1 en 3) en in tijd (punt 2). Door leveringen van een of meerdere transporteurs te combineren vóór aflevering op de campus kan het aantal vervoersbewegingen van transporteurs op de campus gereduceerd worden. Door goederen van transporteurs niet op ad-hocbasis te laten bezorgen, maar uit te stellen tot een later moment waarop combinatie met andere leveringen naar (een bepaalde locatie op) de campus mogelijk is, kan het aantal vervoersbewegingen op de campus verder gereduceerd worden.

In het onderzoek van Ploos van Amstel et al. (2014) worden drie oplossingsrichtingen voorgesteld om de belevering van de campussen van de HvA en de UvA in de binnenstad van Amsterdam anders uit te voeren. Deze oplossingsrichtingen hadden draagvlak onder leveranciers van de HvA en de UvA (Ploos van Amstel et al. 2014) en bieden mogelijk ook kansen voor Campus Heijendaal. Daarnaast is voor campus Heijendaal nog een vierde, hybride, oplossing ontwikkeld. De vier oplossingsrichtingen worden hieronder besproken (zie Figuur 2 en 14 voor een grafische weergave van de alternatieve logistieke stromen).

30

Bundelen bij de bron

Leveringen kunnen (verder) gebundeld worden in voertuigen door één vervoerder een aantal leveringen te laten combineren alvorens de leveringen te bezorgen op de campus. Dit spaart vervoersbewegingen voor leveringen die nu worden gecombineerd. Echter, zo'n oplossing vereist transparantie en afstemming in het inkoopproces, leveringen en vervoerders. Bovendien hebben leveranciers mogelijk hun eigen vervoer dan wel bestaande afspraken met een transporteur.

Centraal afleveren en gebundelde 'last mile'

Een tweede optie – indien mogelijk gemaakt door de facilitaire diensten van de drie instellingen – is om leveringen te laten bezorgen op een centraal afleverpunt op of nabij de campus vanaf waar het vervoer naar de (verschillende locaties op de) campus plaatsvindt. Indien tijdelijke opslag van leveringen op de hub mogelijk is, kunnen leveringen worden gebundeld in zowel voertuigen als tijd. Dit bespaart een rit van de leveranciers, dan wel hun transporteurs, over de campus en kan hen tijds- en kostenbesparingen opleveren. Tegelijkertijd kan voor de 'last mile' milieuvriendelijker transport ingezet worden zoals elektrische busjes of bakfietsen. De geografische concentratie van de instellingen op de campus vergemakkelijkt dit. Bij deze optie vallen verdere voordelen te behalen indien de hub ook gebruikt kan worden door service- en onderhoudsdiensten (die hun bestelwagen op de hub laten staan en van daaruit met een cargobike naar de campus rijden) of voor de consolidatie van leveringen nabij de campus.

Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de extra handelingen voor overslag, het gebruik van een hub en het inzetten van extra voertuigen kosten met zich meebrengt. Daarom zal nagedacht moeten worden over de kosten- en batenverdeling en de consequenties voor de kosten per levering. Ook betekent deze optie controleverlies aan de kant van vervoerders of logistiek dienstverleners die hun goederen uit handen geven. Over de consequenties hiervan zal ook nagedacht moeten worden.

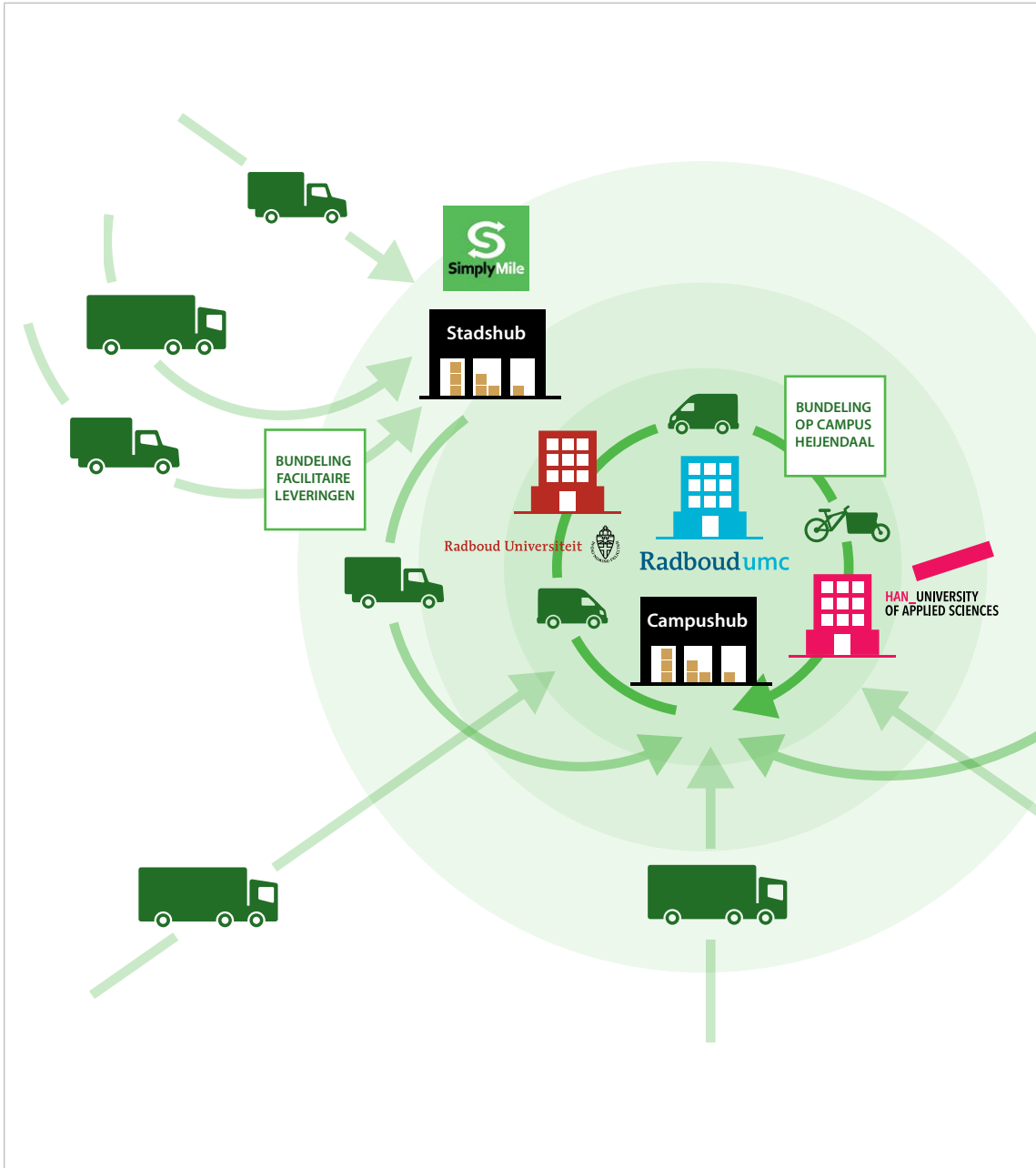
Verandering inkoopgedrag

Een derde mogelijkheid is om het inkoopgedrag van de drie instellingen aan te passen. Hierbij kan worden gedacht aan een gedragsverandering omtrent het plaatsen van bestellingen bij leveranciers, maar ook liggen hier kansen bij nieuwe aanbestedingen c.q. nieuwe contracten. Het inkoopgedrag van medewerkers draagt bij aan de aanwezigheid van een groot aantal transporteurs die enkele leveringen komen doen op de campus en transporteurs die meerdere dagen de campus komen leveren. Denk hierbij aan bestellingen die buiten catalogi/bestelsystemen om worden geplaatst, ad hoc op basis van behoefte (gerelateerd aan het voorraadbeleid). Door decentrale bestellingen samen te voegen, en/of individuele bestellingen uit te stellen of bestellingen tijdig te plaatsen en minder afhankelijk te zijn van levertijden, worden leveranciers en vervoerders in staat gesteld om efficiënter transport te organiseren. Zo wordt bundeling in tijd en voertuigen mogelijk. Daarnaast liggen er ook kansen bij nieuwe aanbestedingen of contracten om concrete eisen te stellen aan het vervoer.

31

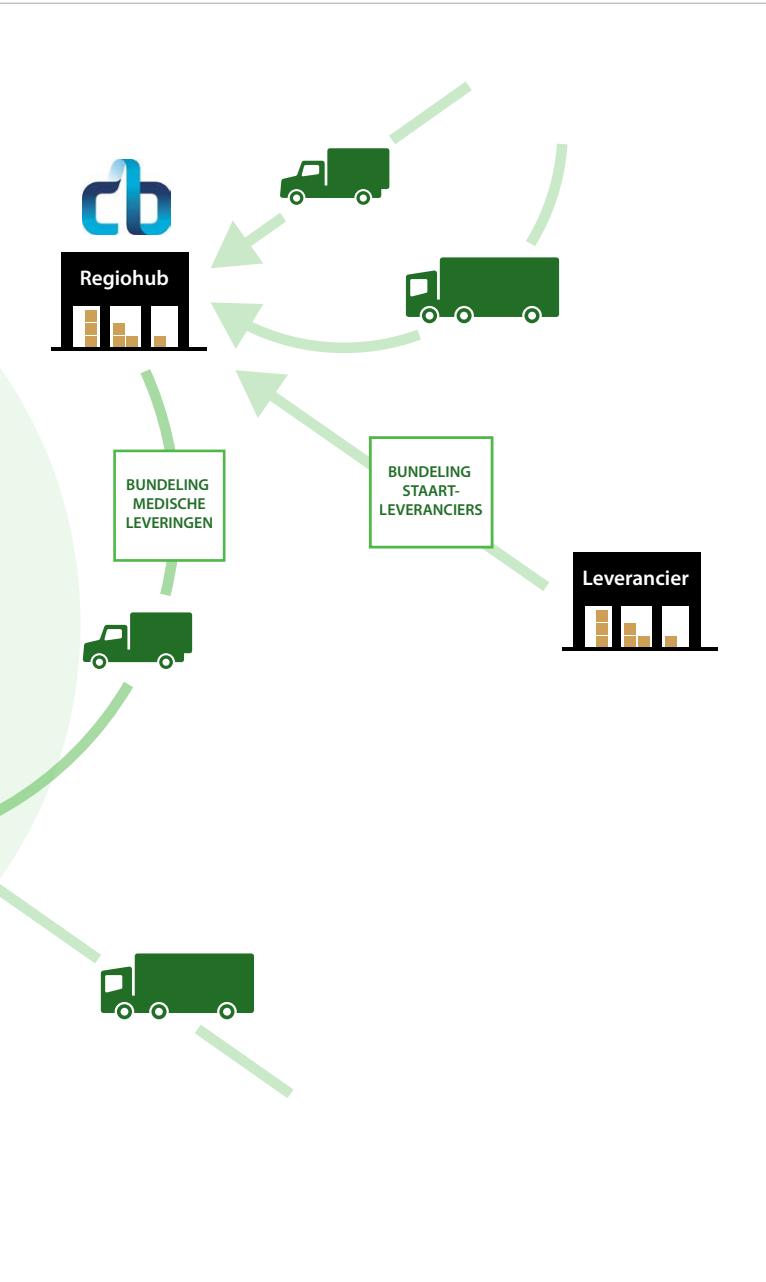
Combioplossing Heijendaal

Het is ook mogelijk om oplossingsrichtingen te combineren, zie figuur 14. Vanuit de observatie dat een bepaalde logistiek dienstverlener reeds veel leveringen voor het UMC verzorgt, is de gedachte ontstaan om een eerste bundeling van leveringen met een verschillende herkomst bij deze logistiek dienstverlener plaats te laten vinden op zijn DC. Dit DC noemen we een **regiohub**, omdat het zich in de regio van Heijendaal bevindt. Vanaf deze regiohub kan de logistiek dienstverlener in kwestie de goederen naar een centraal afleverpunt / **stadshub** vervoerder om vervolgens met schoner vervoer, al of niet via de **microhub** op de campus, naar hun **eindbestemming** gebracht te worden. Op deze manier is een stelsel van hubs ontstaan en kunnen verschillende goederenstromen op verschillende manieren hun meest efficiënte en duurzame weg naar de campus vinden. Door bovendien het inkoopbeleid aan te passen zoals hierboven gesuggereerd kan een verdere verduurzaming plaats vinden.



32

Figuur 14 Combi-oplossing Heijendaal met diverse bundelingsmogelijkheden



Conclusie en vervolgonderzoek

De drie instellingen op campus Heijendaal willen hun bevoorrading gezamenlijk verduurzamen. Het KennisDC Logistiek Gelderland heeft, met ondersteuning van de Gemeente Nijmegen, onderzoek gedaan naar de verschillende mogelijkheden hiertoe.

Begonnen is met een literatuurstudie. Daarna zijn een week lang bevoorradende voertuigen op de campus geteld. De resultaten daarvan laten zien dat een groot deel van de transporteurs verantwoordelijk is voor een klein deel van de leveringen. Het omgekeerde is ook waar: een klein deel van de transporteurs is verantwoordelijk voor een groot deel van de leveringen. De zeven grootste transporteurs zijn pakketdiensten. Zij zijn samen goed voor 47% van alle leveringen. Ruim 80% van de transporteurs doet in de telweek slechts één levering. Een levering is daarbij gedefinieerd als één bezorging op een bepaald adres en zou dus uit meerdere bestellingen kunnen bestaan. De analyse van de huidige bundeling van goederenstromen laat zien dat transporteurs met meerdere leveringen in de telweek daarvoor (1) vaak meerdere dagen naar de campus komen en (2) meerdere voertuigen op dezelfde dag naar de campus laten komen (soms zelfs naar dezelfde locatie). Ook de interne logistiek van de drie instellingen is onderzocht. Hieruit blijkt dat het inkoopgedrag van medewerkers van de instellingen (decentraal en 'just in time') aan het grote aantal niet gebundelde leveringen bijdraagt. De oplossingsrichtingen die zijn voorgesteld om de vervoersbewegingen op de campus te reduceren, richten zich daarom niet alleen op een alternatieve inrichting van de logistieke stromen, maar ook op het veranderen van het inkoopbeleid.

34

Een oplossing bestaat uit het inrichten van een netwerk van verschillende hubs, zodat verschillende bundelingsmogelijkheden ontstaan. Deze oplossing biedt een flexibele manier om te bundelen, waarmee voor elke goederenstroom een passende oplossing kan worden gezocht. Wanneer welke oplossing optimaal is, hoe het logistieke concept er precies uit ziet, wat het effect is op duurzaamheid, kosten en servicegraad en hoe het bijpassende business model inclusief de verdeling van kosten en baten er uit moet komen te zien zijn belangrijke vragen die in vervolgonderzoek moeten worden beantwoord. De betrokken partijen hebben een living lab opgericht waarin deze oplossingen in een echte, maar toch ook weer experimentele setting uitgewerkt worden. Het KennisDC Logistiek Gelderland heeft een onderzoekssubsidie van 2,1 miljoen euro van NWO ontvangen om hierin grootschalig onderzoek te verrichten (<https://www.han.nl/onderzoek/nieuws/han-logistiek-nwo-subsidi/>). Het KennisDC heeft een consortium opgericht waarin de kennisinstellingen Radboud Universiteit, VU Amsterdam, TU Eindhoven promotieonderzoek verrichten, SimplyMile, UTS Verkroost, CB en de drie campusinstellingen deelnemen vanuit de praktijk en de gemeente Nijmegen en de provincie Gelderland bijdragen vanuit de overheid.

De auteurs zijn de betrokkenen vanuit de drie campusinstellingen zeer erkentelijk voor hun medewerking en bijdragen aan dit onderzoek en het creëren van het living lab.

Referenties

- Bogers, E., Jordaan, H., Schepers, B., Bosman, A., Weijers, S., Langerak, T., (2015). *Stadslogistiek in Zutphen: Verslag van een MAMCA – Multicriteria-analyse van de wensen van de diverse stakeholders*. Vervoerslogistieke Werkdagen, november 2015, Breda, P. 296-318
- Bogers, E., Langerak, T., Jordaan, H., Weijers, S. (2016). *Haalbaarheid stadslogistiek in Zutphen: Een concrete studie voor twee potentiële klanten*. *Logistiek Plus – Tijdschrift voor toegepaste logistiek*, (1)1, p. 108-121
- Churchill, K. (ND). *A public sector perspective on consolidation*. <http://www.urbantransportgroup.org/system/files/general-docs/Kevin%20Churchill.pdf>
- Ploos van Amstel, W., Balm, S., Kramer, H., & Doorman, E. (2014). *Leveranciersonderzoek Universiteit en Hogeschool van Amsterdam: Naar een efficiëntere, slimmere en schonere levering*.
- De Weerd, P. (2018). Bevoorrading via een hub: Lessen van de UvA-HvA. www.logistiek.nl/distributie/artikel/2018/02/bevoorrading-via-een-hub-lessen-van-de-uva-hva-101162469
- Transport for London (2008). London Construction Consolidation Centre – Final Report. www.ndslogistik.se/files/reports/1425975813_9.pdf
- Lundesjo, G. (2011). Using Construction Consolidation Centres to reduce construction waste and carbon emissions. www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/CCC%20combined.pdf
- Munt, van de, M., Bogers, E., Weijers, S. (2017). Last mile: Lokale problematiek telt. Vervoerslogistieke Werkdagen, november 2017, Vaals, P 293-310